

METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING ROUTE IN VEHICLE NAVIGATION SYSTEM

Publication number: JP10197269

Publication date: 1998-07-31

Inventor: TAMAI HARUHISA

Applicant: ZEXEL CORP

Classification:

- International: G01C21/00; G01C21/34; G01C21/00; G01C21/34;
(IPC1-7): G01C21/00

- European: G01C21/34

Application number: JP19980005552 19980114

Priority number(s): US19970784204 19970115

Also published as:



EP0854353 (A2)

EP0854353 (A3)

EP0854353 (B1)

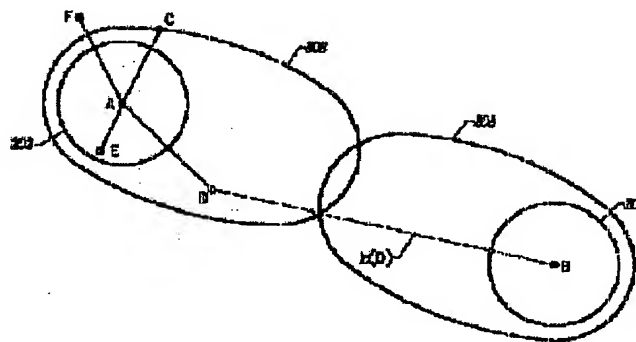
DE69825924T (T)

CA2224745 (C)

Report a data error he

Abstract of JP10197269

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate a route to a final destination by searching a map data-base to generate a first route candidate, and then selecting a best route candidate via the step of repeating additional search. **SOLUTION:** The system spreads from a circular area 202 of a route starting from a starting point A and a circular area 204 of a route for guiding to reversely return from a final destination point B in all directions. Since a distance between points D and B is smaller than a discovery cost relative to points C, E and F, a road section ending at the point D is selected. Then, this process is executed for respective route points newly generated thereafter. Searching directions are corrected and limited to obtain areas 206 and 208. A plurality of partial routes are generated by these two searches. The road sections have relative sectional costs, respective nodes have relative nodes and discovery costs. A road section having minimum total cost is selected from respective total cost values and used for generating the route.

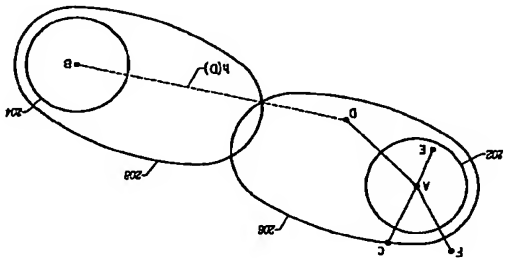


Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51) Int. Cl. ⁴ G 01 C 21/00	識別記号 G 01 C 21/00	特許請求 有	請求項の数30 OL (全 19 頁)
(31) 出願番号 特願平10-5552	(32) 出願日 平成10年(1998) 1月14日	(71) 出願人 000003333 株式会社セクセル 東京都渋谷区渋谷3丁目6番7号	(72) 発明者 玉井 治久 埼玉県東松山市南町3-1-3 ライオンズ 東松山 303
(31) 優先権主張番号 08/784, 204	(32) 優先日 1997年1月15日	(74) 代理人 井堀士 鈴木 弘男	
(33) 優先権主張国 米国 (US)			

(54) [発明の名称] 車両ナビゲーションシステムにおけるルート生成方法および装置

(57) [要約]
【課題】 出発地から最終目的地までのルートを生ずる方法および装置を提供する。
【解決手段】 1つの実施形態では、A*アルゴリズムの原理に基づいて2端サーチを実行する。すなわち、2つのルートを同時に生成し、その1つは出発地から最終目的地までのルートであり、もう1つは最終目的地から出発地までのルートである。別の実施形態では、ルート生成アルゴリズムは、ルート候補のサーチをいつ中止するかを決定する。アルゴリズムは、第1の数の地図データベースのサーチを行い、第1ルート候補を生成する。第1ルート候補の生成後、第2の数の付加的な繰返しの後、地図データベースのサーチを終了する。それから、最良の候補をルートとして選択する。



特開平10-197269
2
運付けられた少なくとも1つのパラメータを有する工程と、
サーチ領域がグリッドパターンにより特徴付けられた地図データベースの一部を含むか否かを決定する工程において、
サーチ領域がグリッドパターンにより特徴付けられた地図データベースの一部を含む場合に、サーチ領域に属する運付けられたパラメータを操作する工程と、を備える方法。
【請求項12】 車両ナビゲーションシステムにより生成された第1のルートを、車両ナビゲーションシステムにより生成された第2のルートに接続する方法において、
接続地点において接続されて第3のルートを構成する第1および第2のルートを生成する工程と、
接続地点に近い第1のルート上の出発地点から、接続地点に近い第2のルート上の目的地までの第4のルートを生成する工程と、
第3のルートの出発地点と目的地の間の部分を第4のルートに置換する工程と、を備える方法。
【請求項13】 車両ナビゲーションシステムにより生成された第1のルートを、車両ナビゲーションシステムにより生成された第2のルートに接続する方法において、
第1および第2のルートを生成する工程と、
第1および第2のルートを接続地点で接続して第3のルートを構成する工程と、
第1および第2のルートが交差する場合、交差地点に接続された第3のルートの不要部分を除去する工程と、を決定する工程と、
【請求項14】 車両ナビゲーションシステムにおいて、第1の位置と第2の位置の間の安全なルートの生成前に部分的ルートを生成する方法において、
地図データベースをサーチして複数の部分的ルート候補を生成する工程であって、各部分的ルート候補は、自己に隣接付けられたる通行コストおよび発見のコストを有する工程と、
少なくとも1つの部分的ルート候補に隣接付けられたる通行コストが第1の閾値を超える場合に、サーチ工程を終了する工程と、
最低の発見のコストを有する部分的ルート候補の1つを部分的ルートとして選択する工程と、を備える方法。
【請求項15】 第1の位置と第2の位置の間の距離に隣接して決定される請求項14に記載の方法。
【請求項16】 終了工程は、全ての部分的ルート候補に隣接付けられたる通行コストが第1の閾値に到達した場合に、サーチ工程を終了する工程を有する請求項14に

(2)
1
【特許請求の範囲】
【請求項1】 車両ナビゲーションシステムを使用して第1の位置から第2の位置へのルートを決定する方法において、
第1の繰返し数にわたり地図データベースをサーチして、第1のルート候補を生成する工程と、
第1のルート候補の生成後、付加的な第2の繰返し数の後にサーチ工程を終了する工程と、
最良のルート候補をルートとして選択する工程と、を備える方法。
【請求項2】 第2の繰返し数は、第1の位置と第2の位置の間の距離に隣接して決定される請求項1に記載の方法。
【請求項3】 第2の繰返し数は、第1の繰返し数に隣接して決定される請求項1に記載の方法。
【請求項4】 付加的な第2の繰返し数に未だ至っていない場合、第2の数のルート候補が生成された後にサーチ工程を終了する工程を備える請求項1に記載の方法。
【請求項5】 第1のルート候補の生成後、生成される各付加的ルート候補について、第2の繰返し数を特別の量だけ減らす請求項1に記載の方法。
【請求項6】 サーチ工程は、第1の位置から地図データベースをサーチする工程を有する請求項1に記載の方法。
【請求項7】 サーチ工程は、第2の位置から地図データベースをサーチする工程をも有する請求項6に記載の方法。
【請求項8】 車両ナビゲーションシステムを使用して第1の位置から第2の位置へのルートを決定する方法において、
複数の繰返しにわたり地図データベースをサーチして、少なくとも1つのルート候補を生成する工程と、
サーチ工程中に、第1のランクを有する第1の道路区分を識別する工程と、
識別工程に応じて、第1のランクより低いランクを有する全ての他の道路区分を、サーチ工程のその後の繰返しから除外する工程と、
最良のルート候補をルートとして選択する工程と、を備える方法。
【請求項9】 第1の道路区分が識別された後であって除外工程を実行する前に、サーチ工程を第1の繰返し数だけ実行する工程を備える請求項8に記載の方法。
【請求項10】 第1の繰返し数は、第1の位置と第2の位置の間の距離に隣接して決定される請求項9に記載の方法。
【請求項11】 車両ナビゲーションシステムを使用してルートを選択する方法において、前記ルートは複数の隣接する道路区分を有し、前記方法は、
地図データベースをサーチするサーチ領域を隣接する道路区分に拡張する工程であって、サーチ領域は自己に隣

記載の方法。

【請求項17】 少なくとも1つの部分的ルート候補中にアクセス制限道路の入口が含まれるように第1の閾値が設定される請求項14に記載の方法。

【請求項18】 アクセス制限道路に関連する総コストを減少させて、ルート生成においてアクセス制限道路の使用を有利にし、総コストはアクセス制限道路に関連する通行コストと発見のコストの和である請求項17に記載の方法。

【請求項19】 第2の閾値は第1の位置、第2の位置の間の距離に関連して決定され、該方法は、第2の閾値が第1の閾値より小さい場合に、少なくとも1つの部分的ルート候補を切り替えてそれに関連する通行コストが第2の閾値を超えないようにする工程と備える請求項17に記載の方法。

【請求項20】 車両ナビゲーションシステムは、選択された通行コストを調整してルート生成目的のための調整通行コストを生成するモードで動作し、該方法は、車両ナビゲーションシステムが前記モードで動作中に、部分的ルートの終了目的のために選択された通行コストの追跡を継続する工程を備える請求項14に記載の方法。

【請求項21】 前記モードはフリーウェイモードを有し、前記フリーウェイモードでは、車両ナビゲーションシステムはフリーウェイに関連する通行コストを減少させ、ルート生成のためにフリーウェイの使用を有利にする請求項20に記載の方法。

【請求項22】 前記モードは交通りモードを有し、前記交通りモードでは、車両ナビゲーションシステムはフリーウェイに関連する通行コストを増加させ、ルート生成のために交通りの使用を有利にする請求項20に記載の方法。

【請求項23】 車両ナビゲーションシステムにおいて部分的ルート生成を終了する方法であって、部分的ルートは地図データベースに記憶された複数の隣接する道路区画を有し、前記方法は、

地図データベースから隣接する道路区画をサーチする工程と、

アクセス制限道路へのアクセスを有する第1の道路区画を部分的ルートの一部分として選択した時に、部分的ルート生成を終了する工程であって、アクセス制限道路は、隣接する2つの方向を有する工程と、

アクセス制限道路の両方向にアクセス可能な部分的ルート中の第2の道路区画を識別する工程と、

第2の道路区画を超える部分的ルート中のあらゆる隣接道路区画を除去する工程と、を備える方法。

【請求項24】 車両ナビゲーションシステムにおいて部分的ルート生成を終了する方法であって、前記部分的ルートは、地図データベース中に記憶された複数の隣接道路区画を有し、前記方法は、

地図データベースをサーチするサーチ領域を隣接する道

【発明の属する技術分野】 本発明は、車両ナビゲーションシステムによるルートの決定、より詳細には、ユーザの最終目的地への最適ルートを効率的に決定するための方法および装置に関する。

【0002】

従来の技術、発明が解決しようとする課題 使用可能な地図データベースがカバーする範囲および地形の密度が増加すると、長距離ルートを生成するために要する時間は相対的に増加する。特に長い距離または複雑なルートについては、ユーザは自分の最初の出発または複雑なルートに望ましくない遅延を経験する。ルートが生成される前に出発しようとユーザが決定すると、ナビゲーションシステムからの指示なしで運転し、結局生成されるルートから外れてしまうことが多く、ルート生成は毎秒なものとなってしまう。そこでも長いルートの生成が完了する前に最初の数個の指示または方向案内が決定でき、それがユーザに伝達可能な方法があれば、長距離ルート生成時間についての上記の問題は緩和できるであろう。

【0003】 さらに、ルート生成に要する時間が非常に長いので、現在のルート生成方法に替わる手法を提供し、この経費を減らすことが望まれる。目的地までのルートを決定するために、現在利用可能な車両ナビゲーションシステムは、典型的に「A*」と呼ばれる周知の人工知能 (A1) グラフサーチ手法に基づくサーチアルゴリズムを採用している。A*は、「人工知能の原理 (Principle of Artificial Intelligence)」J Nilsson Nils J., 1993: ISBN 0-934613-10-9 に記載されており、これを参考に文献として挙げられる。一般的に、A*では、出発点から目的地まで方向付した幅員を第1と第2と、出発点から目的地まで方向付した幅員を第1とするサーチをグラフ、すなわち、地図データベースを介して実行し、それが進むにつれて考えられる解決パスのツリーを構築し、そのツリーの根は出発点の区分である。A*アルゴリズムは、出発点の区分から始まり、各「枝」またはツリー区分に対して最も近くに接続された区分すべてを決定することにより繰返される。したがって、各区分についてのコスト (f (n)) は以下の数1にしたがって決定される。

【0004】

【数1】 $f(n) = g(n) + h(n)$
ここで、g (n) は出発点の区分から区分nまでの既知のコストを示し、h (n) は区分nから目的地までの発見のコストである。発見のコストとは、基本的に区分nからの目的地までの実際のコストの知りによる推測であり、それら、最小の総コストを有する区分がルートの一部として選択され、所望の目的地に対する区分が選択されるまでアルゴリズムが継続する。数1のコストの公式の使用は、目的地に向かって効率的にサーチ領域を狭くする効果がある。しかし、未修正のA*アルゴリズムを使用しているルート生成時間は依然としてかなり長い

ため、この経費についての望ましくなくい効果を軽減する

ルート生成の解決法を提供することが依然として望まれる。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は出発地から最終目的地までのルートを生成する方法および装置を提供し、それは上述した周知のA*グラフサーチアルゴリズムにまさる多くの長所を有する。1つの実施形態によれば、A*アルゴリズムの原理に基づいて2端サーチを実行する。すなわち、2つのルートが同時に生成され、その1つは出発地から最終目的地のルートであり、もう1つは最終目的地から出発地へのルートである。

【0006】 別の実施形態によれば、本発明のルート生成アルゴリズムはルート候補を求めるサーチをいつ終了するかを決定する。アルゴリズムは地図データベースを第1の繰返し数にわたリサーチし、第1のルート候補を生成する。第1のルート候補の生成後、付加的な第2の繰返しの後に地図データベースのサーチを終了し、その第2の数の繰返しにより追加のルート候補が生成されたり生成されなかったりする。それから、最良のルート候補をルートとして選択する。

【0007】 別の実施形態によれば、ルート生成アルゴリズムは、サーチ可能な図形から特定のタイプの道路区画を除外することにより、地図データベースのサーチをより効率的とする。アルゴリズムは、複数の繰返しにわたリ地図データベースをサーチし、1以上のルート候補を生成する。データベースのサーチ中に、アルゴリズムは隣接する第1のラングを有する第1の道路区画を除外する。そのような道路区画が識別されると、第1のラングより低いラングを有する他の全ての道路区画をその後のサーチから除外する。それから、ルート候補から最良のルート候補を選択する。

【0008】 さらに別の実施形態によれば、本発明のルート生成アルゴリズムは、地図データベースのサーチに使用するサーチ領域の特性を操作し、サーチが行われるデータベースの特定の領域の特性に対応するようにサーチ領域を調整する。アルゴリズムは、地図データベースをサーチするサーチ領域を拡張して、道路区分が生成されるルートに含まれるようにする。サーチ領域は、隣接する少なくとも1つのパラメータを有する。地図データベースのサーチ中に、アルゴリズムは、サーチ領域がグリッドパターンにより特徴付けられる地図データベースの一部を含むか否かを決定する。もし含まなければ、そのサーチ領域に関連するパラメータを操作する。パラメータは例えば、サーチ領域の大きさとすることができる。こうして、特定の地図領域のデジタル化密度を考慮してサーチ領域の大きさを調整することができる。

【0009】 また、本発明は、車両の出発地と最終目的地との間の位置に中間ルートを決定することができる。典型的には、車両ナビゲーションシステムはユーザは、出発地を出発する前に総ルートが計

【0013】本発明のさらに他の実施形態によれば、生成されるルート中で特定のタイプのルート、例えばフリーウェイを含めることが有利となるようなルート生成のための方法および装置が提供される。そのシステムは地図データベースをサーチし、少なくとも1つのルート候補を生成する。アルゴリズムがデータベースをサーチしている間、選択された道路区分の各々に関連するコストを動的に調整して、特定の道路区分タイプをルートに含めることが有利となるようにする。

【0014】本発明の性質および長所は、明細書の残りの部分および図面を参照することによりさらによく理解されよう。

【0015】**【発明の実施の形態】**本発明は一般的に、Kao への米国特許第5,345,382号の「相対方位センサの校正方法」、Sniderへの米国特許第5,359,529号の「ルート案内オン/オフルール状態フィルタ」、Kao への米国特許第5,374,933号の「車両ナビゲーションシステム中の位置補正方法」、およびDesai et al への米国特許第5,515,283号の「車両ナビゲーションシステムにおけるルート計算のために高速道路のアクセスランプを識別する方法」に開示し、これらすべての記載をここに参考として含む。

システム環境

図1は、本発明で使用する車両ナビゲーションシステム100の特定の実施形態のブロック図である。距離センサ112および速度センサ114、ならびにグローバルポジニング・センサ(GPS)データ受信機118はセンサ/GPSインターフェース122を介して計算手段120へ接続される。典型的な実施形態では、距離センサ112は走行距離計からなり、角速度センサ114はジャイロ스코プ、または車両の車輪に接続された差動走行距離計からなる。GPSデータ受信機118は、例えば衛星によるナビゲーションシステムからの信号を受信するために設けられる。センサ/GPSインターフェース122からのデータはCPU124へ送られ、CPU124は校正、信号処理、推測技法、車両の位置決めおよびルート案内機能を実行する。地図情報は含むデータベースはデータベース媒体126に記憶される。また、CPU124による実行のためにメインメモリ128内に記憶され、計算手段120の動作を指示するソフトウェアもデータベース媒体126内に記憶することができ、メモリ128は、リードオンリーメモリ(ROM)、もしくはフラッシュメモリまたはRAMのような再プログラム可能な不揮発性メモリにより構成することができる。システムRAM130は、そのようなソフトウェア、プログラムの実行のために必要と情報の読み出しおよび書き込みを可能とする。データベース媒体126は、デジタル化された地図情報が記憶された不揮発性メモリ、ハードディスクドライブ、CD-ROM

(n)を有し、各ノードkはそれぞれ関連するノードおよび発見的成本g(k)およびh(k)を有する。各区分についての区分コストを、その終了地点についてノードおよび発見的成本に加重し、各々についての総コスト値を得る。それから、最小の総コストを有する道路区分を選択し、その後のルート生成に使用する。図2に示す、まず地点Dで終了する道路区分が選択される。それは、地点Dに到達する発見的成本、すなわち、地点DとBとの間の距離が、地点C、E、およびFに到達する発見的成本より小さいからである。それから、このプロセスを地点Dについて繰返し、その後、新しく生成された各ルート地点についてこのプロセスを行う。これは、ルート生成過程にわたってサーチエリアの方向を修正し、かつ限定する効果を生じ、それにより領域206および208に示すように、サーチを地点AおよびB間のエリアにより集中させる。

繰返し終了カウンタ

本発明の特定の实施形態によれば、上述の方法(または、他の種々のルート生成方法)により第1のルートが生成された後、システムはルート生成アルゴリズムを終了する前に2つの事象のうちの1つが起きるのを待つ。2つの事象のうちの1つは、出発地と目的地の間にプログラム可能な数のルートが生成されることである。例えば、1つの特定の实施形態によれば、プログラム可能なルート数は4である。この実施形態では、4回のルートが生成されると、システムは最小のコストを有するルートをユーザに伝える。

【0018】2つの事象のうち1つは、「繰返し終了カウンタ」と呼ばれるパラメータが零に達した時である。第1のルートが生成された後、追加のルートのサーチを続けつつ、ルート生成アルゴリズムにより実行される各区分の拡張について繰返し終了カウンタを減少させる。繰返し終了カウンタの初期値は、発明の種々の特定の实施形態にいたがって、種々の方法により設定することができ、1つの実施形態によれば、繰返し終了カウンタの初期値は500回の繰返しに固定される。すなわち、ルート生成アルゴリズムは、そのサーチを終了する前に、少なくとも1つの部分的ルートを、追加の500個の区分に拡張する。しかし、そのような固定値の初期値はルート生成の全ての問題について適当なわけではない。なぜなら、それはルートの長さの大きな変化を考慮していないからである。例えば、2マイル離れた出発地と目的地について繰返し終了カウンタの初期値500が適当であつたとしても、25マイル離れた出発地と目的地についてはそれは不十分なる場合が多い。さらに、粗くデジタル化されたエリア(例えば、田舎のエリア)について適当な初期カウンタ値を使用すると、密にデジタル化されたエリア(例えば、繁華街の都市エリア)においては、追加の繰返し処理が十分な回数行われない。

【0019】したがって、代りの実施形態では、繰返し

M、または集積回路により構成することができる。グラフィックコントローラを含むことができる出力コントローラ132は、CPU124により処理されたデータを受け取り、そのデータを表示コンソール140へ送る。表示コンソール140は、通常は表示スクリーンを有する出力伝送機構134を有する。ユーザは、典型的にはキーボードを有するユーザインターフェース136を通じて希望の目的地などのデータを入力することができる。

【0016】データベース媒体126内に記憶された地図データベースは、好ましくは、例えば緯度および経度の座標などの、道路の交差点またはノード、道路区分、橋、および関心のある地点を示す位置データ、ならびに他の地理的データを含むことができる。さらに、データベースは、道路および地名、ならびに、分岐路、一方通行制限、地面、速度制限、形状、高度などの道路の地形などの地図上の道路および場所の特徴、ならびに他の特性を示すデータを含むことができる。本発明の特定の实施形態によれば、地図データベースは、個々のノードおよび道路区分に関連付けられたコスト値を含む。これらのコスト値は、個々のノードまたは区分を通行するための時間制限の推定値に対応する。ノードのコスト値は、例えば車両が接近してその交通と遭遇する方向指示案内のような情報を考慮し、それにより交差点の方向指示案内を遅らせる。区分のコストは、いずれも区分に合った通行する道路ラング値が関連付けられる。例えば、階層構造の最高レベルのカテゴリ、すなわちランク3はフリーウェイおよび高速道路を含む。最低レベル、すなわちランク0は住宅地の道路、路地を含む。

ルート生成

本発明は、地図データベースを組織化して出発地から最終目的地までの最速ルートを実効的に生成する方法を利用する。図1の車両ナビゲーションシステムを使用して、出発地Aから最終目的地Bまでのルートを決定する方法を図2を参照して説明する。本発明の特定の实施形態によれば、車両ナビゲーションシステム100は、2レベルの出発地点Aから出発する経路、および、最終目的地Bから逆に戻るように導く経路の両方を探索。この2つのサーチは各々が複数の部分的ルートを生成し、結局そのうちの2つが地点AとBの間のどこかで出会い、単一のルートを形成する。

【0017】最初、円形領域202および204により示すように、サーチパターンは両地点A、Bから全体的方向へ広がる。図2は、地点Aから出発する4個の道路区分の1つを2つのように選択してルートの探索を続けるかを示す。各道路区分nは関連する区分コストg

7

算されるのを待つことを望まない。したがって、本発明はある中間位置までの部分的ルートを生成し、その中間位置に到達するのに必要な方向指示をユーザに伝えつつ、同時に所望の最終目的地までの残りのルートを生成する。部分的ルートの決定は、総ルートの生成より計算上非常に軽く、数秒のみしか必要としないので、ユーザは総ルートを知る前に運転を開始することができる。

【0010】種々の特定の实施形態によれば、2つの部分的ルートを1つに結合合わせ、すなわち接続して単一のルートを構成する方法および装置が提供される。1つの実施形態によれば、システムは接続地点で接続される第1および第2のルートを生成し、結合ルートを構成する。次に、接続地点に近い第1のルート上の出発地点から、接続地点に近い第2のルート上の目的地までの間の地点の間の部分を接続ルートの間に置き換える。別の实施形態によれば、システムは第1および第2のルートが交差地点で交差するか否かを決定する。第1および第2のルートが交差する場合、交差地点に接続された結合ルートの不要部分を除去する。これは、元の接続地点のあらゆる変動的なルート構成を「なめらかにする」。

【0011】種々の特定の实施形態によれば、部分的ルートを生じ、部分的ルート生成を終了するための方法および装置が提供される。1つの実施形態によれば、地図データベースをサーチして複数の部分的ルートおよび生成し、各部分的ルート候補は関連する通行コストおよび発見的成本を有する。データベースのサーチは、少なくとも1つの部分的ルート候補に関連する通行コストが閾値に達した場合に終了する。次に、最低の発見的成本を有する部分的ルート候補は関連する通行コストとして選択する。別の实施形態によれば、アクセス制限道路へのアクセスを提供する道路区分を部分的ルートの一部分として選択した時に、部分的ルートの生成を終了する。次に、道路の両方向へアクセス可能な部分から識別する。次に、第2の道路区分を超える部分的ルート中のあらゆる道路区分を除去する。より詳細な実施形態によれば、アルゴリズムのサーチ領域は、アクセス制限道路の一部分が部分的ルートの一部分として選択されるまで拡張する。次に、アルゴリズムは、アクセス制限道路に沿った拡張を終了するが、第2のアクセス制限道路に遭遇するまで少なくとも1つの他の方向への拡張を継続する。

【0012】本発明のさらに他の実施形態によれば、車両ナビゲーションシステムのユーザにルート案内を提供するための方法および装置が記憶される。システムはルート、およびルートの第1の部分に対応する第1の複数の方向指示を生成する。次に、第1の複数の方向指示をユーザインターフェースを介してユーザに伝達する。第1の方向指示の伝達の開始後、ルートの残りの部分に対応する第2の複数の方向指示を生成する。

なわち $g+h$ の調整は不釣り合いとなるからである。したがって、本発明のより詳細な実施形態によれば、その地点までのルートの g コストの割合として計算される割引値を導入することによりランクを調整し、より高いランクの区分が有利となるようにする。図4は、出発地点Sから出発する4つの道路区分を示す。大きな区分352および354はフリーウェイの区分を示す。小さな区分356および358は交通の区分を示す。各区分およびその構成要素に関連するコストが、関連する終点ノードと目的地Dとを結ぶライン上に示されている。例えば、区分356についてのコストは、 g コスト(100)と、ノード357と目的地Dの距離により決定される h コスト(950)との和である。これは、合計1050となる。同様に、区分358およびノード359についてコストは1100である。しかし、区分352と354 (および関連するノード353と355) はフリーウェイの一部であるので、コストは5%の割引値だけ減少する。もちろん、割引値は本発明の範囲から外れることなく、あらゆる範囲とすることができ、いずれにせよ、図4に示すように、区分352と354に関連するコストはそれぞれ1095と1200である。図4の例において、ルート生成アルゴリズムは、最初は、最小のコストを有する区分356が有利とすることが理解される。しかし、アルゴリズムが3つの方向にそれぞれ拡張すると、フリーウェイルート(区分352および354を含む)に関連する割引値は、そのルートについての算出した g コストが増加するにつれて増加する。したがって、アルゴリズムは結局、フリーウェイルートについてのコストが区分356から始まるルートについてのコストより小さくなる地点に到達することも理解される。こうして、ルート生成アルゴリズムが出发点から遠くへゆくにつれて、より高いランクの区分を有するルートを選択するようになる。

[10022] 発明的および秘区区分コストの動的調整は、後に説明する増加のルート生成の実施形態と共に使用することもできることが理解される。

ランクの抑制

別の実施形態は、上述の2端サーチアルゴリズムのさらなる改善を提供する。この実施形態によれば、サーチアルゴリズムがルートに含まれるべき道路区分であって以前の道路区分よりランクの低いものを識別する、その後のルートサーチにおいてはそれよりランクの低い道路区分は無視される。これはサーチの両端について実行される。この方法は、サーチに含まれるべき道路区分の数を大幅に減少させ、それに応じてルート生成時間を減少させる。この意味は、ほとんどの論理のルートは一般的に、起点において道路カテゴリーを増加し、終点で道路カテゴリーを減少させるという事実を反映する。例えば、典型的なルートは住宅街の通りから出発し、主要道路に移り、それからフリーウェイへ移る。ユ

一ずは、最終目的地的近くの地点に至るまでフリーウェイ上に残ることがほとんどであり、その地点でフリーウェイを下りて主要道路へ移動し、それから住宅街の通りへ終着する。

[10023] 図5は、ランクR0、R1、R2の道路区分の連続的抑制の効果を、高くなる順に可視的に示す表を提供する。図402はランクR0〜R3の道路区分を含む、システムの地図データベースの一部を示す。図404は地図データベースの同一部分を示し、そこでランクR0の道路区分(すなわち、住宅地または地方の道路)がサーチアルゴリズムの目的で抑制されている。すなわち、ルート生成サーチアルゴリズムはランクR0の道路区分を無視する。図406は、ランクR0およびランクR1の道路区分(すなわち、幹線道路)が抑制された後の地図データベースの同一部分を示す。最後に、図408は、ランクR0、R1、R2が抑制された後の地図データベースの同一部分を示す。ランクR2は高速道路を示す。種々の区分のランクを順に無視することにより、サーチエリアを同一に維持しつつ、サーチ時間を劇的に減少させることができる。

ランクの抑制の限界

別の実施形態によれば、低ランクの区分の抑制は、最速ルートを失うことがあるので、高いランクの区分に通過した直後には行わない。その代わり、各ランクについて抑制の限界を設定し、それにより、高いランクの区分に通過した後でさえも、システムが通過するランクの区分をサーチし続ける。この実施形態では、各ランクについての抑制限界は、その道路区分の対応するランクが抑制される以前にサーチすべき(あらゆるランクの)区分の数に対応する。したがって、例えばランクR0の区分についての抑制限界が100である場合、そのループが拡張されてランクR1の区分に通過し、かつ、少なくとも100個の道路区分がその後にサーチされていくならば、ルート生成アルゴリズムはランクR0の区分を無視する。

[10024] より詳細な実施形態では、各ランクについての抑制限界を可変とし、出発地と目的地との間の距離に依存するようにする。したがって、例えば出発地と目的地との間の距離が増加すれば、抑制限界は減少する。これは、出発地と目的地が遠く離れている場合に、一般的に、フリーウェイなどの高いランクの道路が、地方の交通りなどの低いランクの道路より有利とされる事実を反映している。

[10025] 別の特定の实施形態では、抑制限界を可変とし、サーチアルゴリズムが動作する地図領域のデジタル化密度に依存するようにする。すなわち、地図データベースの密にデジタル化された領域については、抑制限界は増加する。これは、そのような密にデジタル化された領域中で所望の高いランクの道路に到達するためは典型的に多くの区分の拡張が要求されるという事実を反

映している。

グリッドパターン領域内におけるサーチ領域の調整。別の特定の实施形態では、本発明のルート生成方法は、グリッドパターン領域、すなわち、例えば多くの都市および副都市エリアのように道路区分がほぼ規則正しいグリッドパターンに配置されている領域中でより効率的にルートを生成するようにさらに適合される。そのような領域の調整は、「地図データベースにおける地理的領域タイプの認識」とを付けられた、共に記載された番号中の米国特許出願シリアルNo.08/480,759に記載されており、その全ての記載をここに参考として取り込む。

[10026] 図6に、グリッドパターン領域内A*に基づく2端サーチアルゴリズムを使用することに関連する問題を示す。サーチ領域502および504は逆のルート端点に繋がるので、生成されるルートはSとDの間の斜方向の周りの狭い領域内に属する傾向が大きい。これは、一回のみの右左折を伴う、より望ましいルート508とは逆に、複数の右左折を伴うルート506を生じさせる。したがって、本発明によれば、重なりダングージンシステムは、現在グリッドパターン内で動作していると決定した場合には、図7のサーチ領域502'および504'により示すように、サーチ領域を緩和する。これは、サーチ領域内で右左折の少ないルートを含め、ルート508を含めるようにする効果を生ずる。それから、ルート生成アルゴリズムが右左折すること、特に右左折することに関連するコストを考慮する場合、より少ない右左折を有するSとDの間のルートが生成される傾向が高くなる。より詳細な実施形態では、より右左折の少ないルートが生成する確率を増加するため、グリッドパターン内で右左折することについてのコストを増加する。

アルゴリズムのプロローチャート

図8および9は、本発明の2端サーチアルゴリズムの特定の实施形態の動作を示すフローチャートである。そのアルゴリズムは出発地から目的地までのルートを生成する。最初に、第1および第2の現在ルートノード、すなわち、アルゴリズムがサーチを行う前方および後方サーチ経路中のノードをそれぞれ出発地および目的地に設定し、繰返し終了カウントを500に設定し、ルート数を4に設定する(ステップ602)。それから、ルート生成アルゴリズムは、2つのサーチを並行的に並列に、すなわち、出発地から目的地へ、およびその逆を実行する。現在ルートノードから出発する道路区分を識別し(ステップ604、606)、各々について、地方のサーチの現在ルートノードに対する発見のコストを決定する(ステップ608、610)。ある実施形態では、その後、発見のコストをそれらの個々の道路クラスにしたがって高いクラスの区分を有利とする基本図により重み付けする(ステップ612、614)。それから、各区分についての検出コストを決定し(ステップ616、61

終了カウンターの初期値を可変とすることができ、第1の実施形態では、初期値を出発地と目的地との間の距離に依存するようにする。すなわち、出発地と目的地の距離が大きくなるほど、初期値を大きく設定する。第2の実施形態では、初期値を、第1のルート生成に必要とされた区分拡張数に依存するものとする。すなわち、生成された第1のルート中の区分数が多いほど、初期値を大きく設定する。こうして、繰返し終了カウントの初期値を、特定のルート生成問題各々に対して調整することができ、

[10020] 上述した繰返し終了カウンターの实施形態のいずれも、出発地から目的地までの追加ルートが生成された時にそのカウンターの特別な量だけ減少させるようにして、さらに改善することができる。例えば、各区分拡張毎にカウンターの1だけ減少させることに加え、第1のルート後、各ルートが生成される毎に例えば50ずつカウンタを減少させることも可能である。したがって、生成されたルート数が増加し、それに応じてさらなるサーチの必要が減少するにつれて、そのことを反映するようには、カウンタを調整するための特別な量を、出発地と目的地との間の距離、または生成された第1のルート中の区分数に応じて変化させることができる。

可変の区分コスト

上述のルート生成方法を、図3に示す課題に対処するよううに改善することができる。ノード301における発見的コスト(ベクトルH1で示す)はノード303における発見的コスト(ベクトルH2で示す)より小さいので、ルート304よりルート302の方が生成される可能性が高い。これは、ルート304が、例えば、それが主としてランク3の道路区分、すなわちフリーウェイからなるために明らかに有利なルートである場合でさえも、発見的コストを動的に調整および重み付けして、ルートの生成においてランクの低いルートを使用が有利となるようにする。例えば、1つの実施形態では、特定のノードについての発見的コストを、そのノードと目的地との距離に関連する道路区分のランクに対応する定数を乗じることにより決定する。ランクに関連する定数の値は、より高いランクからより低いランクへ行くにつれて増加し、高いランクの区分が有利になるようにする。他の実施形態では、発見的コストをそれらの重要度に基づいて有利にして、道路区分の使用をそれらの重要度に基づいて有利となるようにする。

[10021] 発見的すなわち h コストの操作は、目的地が出发点から非常に遠い(例えば300マイル)場合に特に有益となるわけではない。なぜなら、その操作は h コストにある定数(例えば0.9)を乗じることが含む場合、 g コストと比較した h コストの大きき(例えば、 $h=2000$ 対 $g=100$) では、総区分コスト f 、す

8) 、各サーチについての最低コストの区分を個々のルート中の次の区分として選択する (ステップ620、622) 。それから、現在ルートのノードを、選択された区分の終点に更新する (ステップ624、626) 。

【0027】図8および9は、2端サーチアルゴリズム100回の繰返し後、およびクラス1の道路区分に各サーチが遭遇した後に、各サーチにおいてクラス0の道路区分を抑制する、すなわち、その後のサーチで無視する実施形態を示す (ステップ628-654) 。しかし、本発明の範囲から外れることなく、これらのステップの代りに広範囲の変形を使用可能であることを付言しておく。例えば、もっと少ない回数の繰返し後、またはその代りに、クラス1の区分に遭遇した直後にクラス0の区分を抑制することができ、さらに、ある回数の繰返し後、およびさらに高いレベルの区分、例えばクラス2に遭遇した時に、高いレベルの区分を同様に抑制することができ。

【0028】それから、システムは、ルート数を参照することにより、出発地から目的地までのいずれかのルートが生成されたか否かを決定する。ルート数がその初期値、この例では4より小さい場合 (ステップ656) 、繰返し終了カウンタを減少させる (ステップ658) 。それから、システムは2端サーチの各終点についての現在ルートノードが一致するか否かを決定する (ステップ660) 。一致しなければ、アルゴリズムはステップ604および606から次の繰返しを実行する。現在ルートノードが一致したならば、すなわち、1つの完全なルートが生成されたならば、ルートカウンタを減少させる (ステップ662) 。それから、システムは繰返し終了カウンタが零に達したか否かを決定する (ステップ664) 。達していなければ、アルゴリズムはステップ4および606から次の繰返しを実行する。繰返し終了カウンタが零となったならば、システムはそれまで生成された可能な全てのルートから最小コストのルートを選択する (ステップ666) 。

特に図にデジタル化された地図データベースについては、上述のルート生成方法は非常に複雑かつ時間を要する決定方法であり、ユーザへのルート指示の伝達および到来する方向指示の遅れを生じさせることは明らかである。先に議論したように、本発明は、最初の出発地に近い中間目的地を選択し、中間目的地までのルート (1つ間ルート) と呼ぶ) を生成し、最終目的地までのルート (2つの決定を連続しつつ中間ルートを送達することにより、これらの遅れを防止する。しかし、システムはこの形態を使用すべき時をどのようにして知るであろうか。1つの実施形態では、出発地と最終目的地との間の既知の関係およびそれらの地理的関係環境、例えば、両*

$$t(\text{目的地}) = \left[\sum_{k=1}^n g(n) + g(k) \right] + h(\text{目的地})$$

これらの値を結合し、またはコスト値を割り当てて各中間ルートについての総コスト値を得る多くの異なる方法があることが理解されるであろう。本発明は、上述の特定の実施形態に限定されるものではない。

【0032】本発明により、中間目的地を選択するため別の方法が提供される。この実施形態によれば、出発地から10マイル以内にある高速道路および高速道路の出入口地点のリストがユーザに与えられる。それから、ユーザは所望の高速道路、特定の出入口地点を選択することができ、その形態は、例えばユーザがある高速道路への現在位置からその高速道路までのルート生成を必要としている場合に有用である。

【0033】中間目的地が選択され、中間ルートが生成されると、システムディスプレイを通じて適当な一連の方向指示がユーザに伝達される。これらは通常、一連のステーションを有し、それら各々は、ユーザが次に行う換算に関する情報、例えば、次の方向指示までの距離、または次の方向指示の性質 (例えば左折) を伝達する。システムはユーザがこの情報を提供すが、最終目的地までのルートの残りの部分およびそれに対応する方向指示は、中間目的地を出発地として決定される。こうして、総ルートが決定される前にナビゲーションを開始することができ、これによりユーザはほぼ直ちに運転を開始することができ、方向指示の生成およびルート案内について以下により詳細に説明する。

【0034】上に簡単に述べたように、本発明の特定の実施形態によれば、車両ナビゲーションシステムは、中間目的地を選択する前に、タイムアウト期間が経過するまで待機するようにプログラムされる。最終目的地までの総ルートがタイムアウト期間中に決定された場合、中間ルートの伝達は不要であり、中間目的地は選択されない。しかし、最終目的地までの総ルートがタイムアウト期間中に決定されない場合、システムは中間目的地を選択し、上述のように動作する。タイムアウト期間が再度経過する前に最終目的地までの総ルートが依然として決定されていない場合、システムは第1の中間目的地より速くにもう1つの中間目的地を決定するようにプログラムすることができ、次の中間目的地の選択は、上述した第1の中間目的地の選択と同様に行われる。このプロセスは、総ルートの残りの部分が決定されるまで繰返すことができる。その代わり、最終目的地までのルート生成がまだ完了していないことが決定された場合、直ちに次の中間目的地の決定を開始するようにシステムをプログラムすることができ、第1の中間目的地の選と同様に、総ルートの残りの部分が決定された完了しておらず、またはプログラム可能な1つのタイムアウト期間より長い時間を必要とする場合に限り、各連続的な中間ルートを完全に決定し、対応する方向指示をユーザに伝達するようにシステムをプログラムすることができ。

【0035】中間目的地が近すぎ、総ルートの決定が完了する前に車両が中間目的地に到達してしまう場合はどうであろうか。中間目的地が高速道路の出入口にある場合、高速道路上への方向指示を追加の指示と共に、例えば「高速道路を進め一速のルートを生成中」というようにユーザに伝達することができる。では、システムは、高速道路上のどちらの進行方向を伝達すべきかをどのようにして知ることでできるか。本発明の別の実施形態は、この状況に以下の方法で対応する。1つの実施形態では、進行方向を、高速道路の出入口から最終目的地への方向に基づいて導き出す。別の実施形態では、図1に示すように、出入口802または803のいずれかの前に第1の中間目的地801を選択し、いずれかの高速道路の方向を選択可能とする。その間、第1の中間目的地に到達するまでに既知となるであろうルートを有する、第1の中間目的地より速い別の中間目的地を選択する。

【0036】第1の中間目的地に到達してしまうという問題についての別の解決は、さらなる中間目的地の決定に関連する。本発明のこの実施形態では、車両が中間目的地に到達する時刻までに依然として総ルートの決定が完了していない場合、第1の中間目的地より速く別の中間目的地を決定するようにシステムをプログラムすることができ、次の中間目的地の選択は、上述の第1の中間目的地の選択と同様に行われる。このプロセスは、総ルートの残りの部分が決定されるまで繰返すことができる。より詳細な実施形態では、総ルートの残りの部分の決定がプログラム可能なタイムアウト期間より長い時間を要する場合に限り、各中間ルートを完全に決定し、対応する方向指示をユーザに伝達する。

【0037】図12は、本発明の特定の実施形態の動作を示すフローチャート900である。最初に、システムは、最終目的地までのルートを生成する目的で、ユーザによる目的地入力を受ける (ステップ902) 。次に、システムは車両の現在位置から最終目的地までのルートの決定を開始し、同時に少なくとも1つの中間目的地を決定する (ステップ904) 。次に、システムは各中間目的地についてのコスト値を決定する (ステップ906) 。プログラム可能な時間間隔が経過し、出発地から最終目的地までの総ルートの決定が完了していない場合 (ステップ908) 、システムは最小のコスト値を有する中間目的地を最良の中間目的地として選択し (ステップ910) 、その中間ルートをユーザに伝達する (ステップ912) 。次に、システムはその中間目的地から最終目的地までのルートの決定を継続する (ステップ914) 。一方、総ルートの決定が完了した場合は、その総ルートをユーザに伝達する (ステップ916) 。

【0038】最終目的地へのルートの決定が完了していない場合 (ステップ918) 、システムは第1の中間目的地と最終目的地の間の別のグループの中間目的地を決定

定し(ステップ920)、各々についてのコスト値を決定する(ステップ922)。第2のプロダラム可能な時間間隔後にルート生成が完了していない場合(ステップ924)、システムは再度最低のコスト値を有する中間目的地を選択し(ステップ926)、次の中間ルートユーザに伝達する(ステップ928)。ステップ918から928を最終目的地までの残りのルートが決定されるまで繰返し、それが決定された時点でユーザに伝達する(ステップ930)。

10 [10039] 図13は、本発明の特定の実施形態による複数の中間ルートの選択を示すフローチャート1000である。システムは、示の位置の道路の階層レベルより高い階層レベルを有する接続路に通過するまで、車両の示の位置に直接接続される道路区分の1つから出発する考えうるルートを探す(ステップ1002)。次に、システムは、中間目的地の1つとして、接続路への出入口を指定する(ステップ1004)。次に、ステップ1002および1004を、示の位置から出発する各道路区分について繰り返す(ステップ1006)。

20 [10040] 図14は、本発明の特定の実施形態による、複数の中間目的地についてのコスト値の決定を示すフローチャート1100である。システムは、車両の出発地から出発する中間ルートの1つ中の道路区分およびノードについての区分およびノードコストを結合し、それにより、その中間ルートについてのルートコストを生成する(ステップ1102)。次に、システムは、車両ルートに隣接する中間目的地についての発見コストを決定する(ステップ1104)。発見コストは、中間目的地と最終目的地間の距離に対応する。次に、システムはルートコストを発見コストと結合し、その中間目的地についてのルートコストを生成する(ステップ1106)。次に、ステップ1102から1106を各中間目的地について繰り返す(ステップ1108)。

部分的ルートの置き合わせ
上述のように、ある中間目的地までの部分的ルートが生成され、次にその中間目的地から別の中間目的地または最終目的地までのもう1つの部分的ルートが生成された時、そのルートを効率的な方法で1つに「置き合わせる」という問題が生ずる。図15(a)ないし15(c)は、2つの部分的ルートを1つに置き合わせる時に遭遇する典型的な迂回路の状況を示す。各ケースにおいて、第1の部分的ルートをノード1202で終了し、ノード1202は通り1204を超え、第2のルートは最終的に通り1204上を目的地Xへと進む、ノード1202から通り1204へ至るために、第2のルートにはある程度「戻り道」しなければならない。これは非効率的であり、ユーザの目からはかなり不都合となる。例えば、図15(a)では、第2のルート1206は第1のルート1208上をループ状に戻っており、1度の右左折折のみが必要な場所ユーザに3度の右左折を要求する

するコストが元の生成ルート1602より低いならば、その部分的ルートを使用する。これは、図19、および図20のフローチャートを参照することにより理解することができる。最初に、第1および第2のルート1602および1604を生成する(ステップ1702)。この例では、接続地点Xで第1の生成ルート1602が終了し、第2の生成ルート1604は出発する。これは、図15(b)を参照して説明したのと類似の迂回を生じる。システムは、第1の生成ルート1602に沿って接続地点Xの手前に出発地S1を選択する(ステップ1704)。次に、システムは接続地点Xから短い距離後に第2の生成ルート1604に沿って、目的地D1を選択し(ステップ1706)、出発地S1と目的地D1との間に部分的ルート1606を生成する(ステップ1708)。

30 部分的ルート1606に隣接するコストが、出発地S1と目的地D1の間の第1および第2の生成ルートのそれぞれのコストより小さいならば(ステップ1710)、部分的ルート1606を第1および第2の生成ルートのそれらの部分に置き換える(ステップ1712)。そうでなければ、元のルートを維持する(ステップ1714)。

[10044] 部分的ルート1606の端点、すなわち出発点S1および目的地D1は、部分的ルート1606が第1および第2の生成ルート1602、1604と置き合わせられる新しい置き合わせ地点を示すこと、ならびに、上述の処理を繰返し行って置き合わせ地点の連続的なセット各々について幾ルート是最適化することができることが理解される。

部分的ルート生成の終了
部分的ルートの生成は、どの時点で終了すべきであろうか。図21は、Sから東行きフリーウェイ1804上へ第1の部分的ルート1802が生成された状況を示す。東行き方法が選択されたのは、それが目的地Dの方向からである。しかし、フリーウェイ1804は結局南へ曲がるので、最速ルート1806はまずフリーウェイ804を西へ向かい、次にフリーウェイ1808を北へ向かうことが向かい。その結果、第1の部分的ルート1802を使用すると、運転者は結局東行きフリーウェイ1804を下り、西行きに入り直して第2の部分的ルート1810からDへ向かうなければならない。

40 [10045] 本発明の特定の実施形態によれば、図22(a)および22(b)に示すように、第1の部分的ルートを切り替えることによりこの状況回避することができ、図22(a)は図21のエリア1812の拡大図であり、それは第1の部分的ルート1802なりの入口をフリーウェイ1804への東行きおよび西行きを1つに示す。図22(b)は切り替わられた第1の部分的ルート1802'を有する同一のエリアの図であり、第2の部分的ルート1810'は西行きを1つに使用してフリーウェイ1804に入ることも可能となる。一般的に、

部分的ルートの生成中にフリーウェイに到達すると、本発明のこの実施形態は部分的ルートの生成を終了し、一方または地方のいずれに達するかの決定をしなければならぬ地点の前の道路区分に至るまでその部分的ルートを知る。これにより、ユーザが間違った方向に進んでしまう図21に示す状況を回避することができる。

[10046] 部分的ルート生成の終了に関連する別の状況を図23および図24に示す。図23のサーチ領域1902に示すように、A*サーチアルゴリズムがフリーウェイ1904に遭遇すると、それはフリーウェイ1904に沿って目的地Dの方向へサーチ領域1902を拡張し、フリーウェイ1906が最速ルート1908上にあるという事実にも拘わらずフリーウェイ1906の使用が見落とされたと状況を生む。この結果を回避するために、本発明は、フリーウェイに到達した部分的ルートの拡張を中止し、代替的ルートを探し続ける。これは、図24の領域1902'により示されるサーチ領域の拡大を生じる。フリーウェイ1904に沿った拡張を中止されるので、サーチ領域1902'は結局フリーウェイ1906に到達し、それにより、さらに効率的なルートが実現される。

10047] 本発明の別の実施形態によれば、ルート生成アルゴリズムにより採り出された考えうる各部分的ルートは、少なくとも1つの考えうる部分ルート中の区分の最小gコスト(通行時間を示す)が隣接する地点まで拡張される。次に、システムは、最低のhコストを有する部分的ルート、すなわち目的地に最も近い端点を有するルートを選択する。特定の形状では、システムは選択を実行する前に、考えうる各部分的ルートが拡張されてgコストの隣接に達するまで待機する。この形状では、各ルートについてのgコストは同一であるので、hコスト又はfコスト($f = g + h$)のいずれかを使用してどちらが最適な部分ルートであるかを決定することができる。

[10048] より詳細な別の実施形態によれば、gコストの隣接は固定または可変のいずれかである。gコストの隣接が可変である場合、その値は出発地と目的地間の距離に関連する。即ち、出発地と目的地間の距離が大きければ、gコストの隣接は高く設定される。これにより、車両が部分的ルートの終点に達する以前に、生成された部分ルートに隣接する通行時間(すなわちgコスト)が生成されるべき目的地への完全なルートについて十分に長くなることを保証する。可変なgコストの隣接は、また、選択された部分ルートの長さが完全なルートに対して過度に長くならないことを保証する。出発地と目的地が比較的近い場合、完全なルートに対して部分的ルートが長くなくなるほど、最速ルートが生成されない可能性が大きくなる。これにより、リターンやフリーウェイへの入り直しなどの望ましくない戻り道の機会が完全なルートに含まれることがしばしば生じる。部分的ル

ートを完全なルートに対して適当な比率に維持することは、そのような望ましくない事態の発生の危険を減少させる。

【0049】別の実施形態によれば、部分的ルート候補の少なくとも1つが最も近い高速道路の入口を含むことが確実にできるようにgコストの閾値を十分に高く設定する。しかし、ある例では、この目標は、部分的ルートの長さを出発地と目的地の間の距離に適切に比例するように維持するという目標と矛盾することが理解される。したがって、本発明の特定の実施形態は、図25を参照して以下に説明する方法でこの矛盾を解決する。最初に、最も近い高速道路の入口（ノード2002）が少なくとも1つの部分的ルート候補に含まれるようにgコストの閾値を設定する。次に、サーチアルゴリズムは、高速道路の入口に至るまで様々な部分的ルートを拡張する。高速道路の入口を含む部分的ルート（すなわち、ルート2004）のgコストが、出発地Sから目的地Dまでの距離に超過するgコストの閾値を超えないならば、矛盾は生じない。しかし、それがこの距離に基づく閾値を超えるならば、システムはその部分的ルートの終点から、gコストが距離に基づく閾値を超えない地点2006まで後退する。これにより、完全なルートが最速ルートに近くなる確率が増え、ユーザが高速道路に入って間違った方向へ進むというエラーが降る。

【0050】ここに記載する車両ナビゲーションの特定の実施形態によれば、ユーザは、ルート生成アルゴリズムの動作に影響を与える特定のパラメータを指定することが可能である。例えば、1つの実施形態では、フリーウェイの使用に関する好み指定することができ、すなわち、ユーザは、ルート生成において、アルゴリズムがフリーウェイをなるべく多く使用し、またはなるべく使用しないことを指定することができる。アルゴリズムは、フリーウェイ区分に関連するgコストを操作することは、フリーウェイの好みに適する。よって、例えば、アルゴリズムがフリーウェイをなるべく使用しないようにユーザが指定したとすると、フリーウェイ区分に関連するgコストを増加し、それらを生じられるルートに含めるための候補として望ましく無いようにする。したがって、ルート生成アルゴリズムにより使用されるgコストは、必ずしも常に特定の道路区分についての実際のgコストであるとは限らない。したがって、部分的ルート候補がgコストの閾値に達したが否かを決定する時に、システムは、フリーウェイをなるべく多くまたは少なく使用することなどの選択を実行するためのgコストの操作と平行して、部分的ルート候補中の区分の実際のgコストを記録し続ける。

方向指示の生成およびルート案内

図26(a)から26(d)は、生成ルートに関連する方向指示案内を生成し、運転者に伝達する様子を示す一連の時間経過を示す。本発明の第1の実施形態（図26

(a)）では、総ルートが生成される（Rで示す）、次に生成されたルートに対応する方向指示案内を生成する（Mで示す）。全ての方向指示が生成された場合のみ、システムはそれらを運転者に伝える（ガイダンス（Guidance）の（G）で示す）。

【0051】しかし、上述の増加ルートの生成を参照して説明したように、総ルートの生成に要する時間はかなり長く、運転者が方向指示の受け取りを遅延し、出発地を出発するまでに、望ましくない遅延を生じる。したがって、本発明の第2の実施形態（図26(b)）では、ルート案内が始まる点をかなり手前にする。システムは総ルート（R）を生成し、次に最初の幾つかの方向指示（M1で示す）を生成し、次に残りの方向指示（M2で示す）を生成する。こうして、ルート案内（G）は、最初のいくつかの方向指示が生成された後に開始し、それは全ての方向指示が生成される点よりかなり前である。多くのルート生成のシナリオにおいて、これはかなりの改善を達成する。残念ながら、ルート生成によりもたらされる望ましくない遅延は残ってしまふ。

【0052】この結果から、本発明の第3の実施形態は、増加的方向指示生成を上述の増加ルートの生成と結合する。図26(c)はルート生成を2つの部分的ルート生成（R1およびR2で示す）に分割した時間経過を示す。第1の部分的ルートに対応する方向指示は第1の部分的ルートの生成（M1で示す）の後直ちに生成され、その後直ちにルート案内を開始する。最後に、第2の部分的ルートが生成された後、残りのルートのルートに対応する方向指示が生成される（M2で示す）。図26(b)と26(c)の時間経過の比較からわかるように、この実施形態によりかなりの改善が実現される。

【0053】ルート案内開始前の遅延をさらに減少させることは、図26(b)と26(c)を参照して説明した手法を結合することにより実現される。この実施形態では（図26(d)）、ルート生成を再度2つの部分的ルート生成（R1とR2）に分割する。しかし、ルート案内の開始前に第1の部分的ルートに対応する全ての方向指示が生成されるのを待たずに、それらの一部のみの方向指示が生成されたら（M1で示す）、その時にルート案内を開始する（G）。次に、残りの方向指示を生成し（M2）、次に第2の部分的ルートに対応する残りの方向指示を生成する。この場合、図26(c)と26(d)の時間経過の比較により、更なる改善が実現されることが分かる。

【0054】生成される「増加」方向指示の数は、上述の異なる実施形態に応じて変化する。「増加」方向指示とは、ルート案内が始まったルート生成後の方向指示を指す。例えば、図26(b)の実施形態では、十分な「増加」方向指示が生成され（M1）、運転者が案内に第1のセットの全ての方向指示を実行する前に、生

成されるべき残りの方向指示を生成することを可能とする（M2）。そのような数は、例えば、出発地と目的地の距離に適切に確立することができる。その代りに、「増加」方向指示の数を、「増加」方向指示により包囲されたルートの一部に対応するgコストを、残りの方向指示を生成するために要する時間に関連付けることにより決定することができる。図26(c)の実施形態では、生成される「増加」方向指示（M1）の数は第1の部分的ルート中の方向指示の数の直接的に関連して1倍する。図26(d)の実施形態では、生成される「増加」方向指示（M1）の数は、第1の部分的ルートに対して残りの方向指示（M2）の生成に必要な時間に関連付けられる。すなわち、「増加」方向指示に対してする第1の部分的ルートの一部に関連するgコストは、運転者が全ての「増加」方向指示を実行する以前に第1の部分的ルートの一部に対する残りの方向指示が生成できるようにすべきである。

本発明をその詳細な実施形態を参照して特に図示し、説明してきたが、本発明の精神または視野から外れることなく、形態および詳細における上および他の変更が可能であることが当業者には理解できるであろう。例えば、ルート生成時間の減少のための上述の様々な方法を結合し、ルート生成の効率をさらに向上させることができる。これは、図27(a)から27(d)のサーチ領域の表示を参照することにより理解できる。図27(a)は、一端アルゴリズムの形状、すなわち、円形領域22Dへ向かうサーチ領域の形状、すなわち、円形領域2202と、道路区分に見られるコストを割り当てるA*サーチアルゴリズム、すなわち、円形領域2204の比較を示す。図27(b)は、サーチ領域2206と2208を結合し、領域2210で包囲されるエリアをカバーする2端サーチを示す。図27(c)は、少なくとも1つのラングの道路区分が、斜線のサーチ領域2212および2214として示されるサーチの両端部から制御される2端アルゴリズムを示す。最後に、図27(d)は、本発明の特定のアルゴリズムの抑制および見込みのコストの形態を結合し、以前のルート生成法より非常に小さく、計算上の強度の弱いサーチエリア2220、すなわち、領域2216および2218を生成する。したがって、上述の観点から、本発明の視野は前述の請求の範囲によって決定されるべきである。

【0055】

【発明の効果】本発明は、ユーザの最終目的地への最速ルートを効率的に決定するための種々の方法および装置を達成する。

【0056】本発明の種々の実施形態によれば、1以上の中間ルートの生成により、最終目的地までの総ルートが決定される前にユーザは運転を開始することができ

る。さらに、本発明は、最終目的地への最速ルートを迅速に生成し、最速ルートを中間ルートと「縫ぎ合わせ」、中間ルートの終点地点を決定する。また、グリッドパターン領域におけるルート生成を最適化することができ、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に使用する車両ナビゲーションシステムのブロック図である。

【図2】本発明の特定のアルゴリズムにしたがって設計された車両ナビゲーションシステムにより使用されるルート生成方法を示す図である。

【図3】区分コストの動的問題を示す図である。

【図4】区分コストの動的問題を示す他の図である。

【図5】道路区分ラングの初期の形態を示す図である。

【図6】A*アルゴリズムを使用する際の問題を示す図である。

【図7】A*アルゴリズムを使用する際の問題に対する1つの解決策を示す図である。

【図8】本発明の2端サーチアルゴリズムの特定のアルゴリズムの動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の2端サーチアルゴリズムの特定のアルゴリズムの動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明の特定のアルゴリズムによる中間目的地の選択を示す図である。

【図11】高速道路の両方向への運転を可能とする中間目的地の選択を示す図である。

【図12】本発明の特定のアルゴリズムの動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の特定のアルゴリズムによる複数の中間ルートの選択を示すフローチャートである。

【図14】本発明の特定のアルゴリズムによる、複数の中間目的地についてのコスト値の決定を示すフローチャートである。

【図15】(a)、(b)、(c)は異なるルートの縫ぎ合わせのシナリオを示す一連の図である。

【図16】(a)および(b)は異なるルートの縫ぎ合わせのシナリオを示す他の図である。

【図17】2つのルートの間の接続を最適化する方法を示す図である。

【図18】2つのルートの間の接続を最適化する方法を示すフローチャートである。

【図19】2つのルートの間の接続を最適化する方法を示す他の図である。

【図20】2つのルートの間の接続を最適化する方法を示す他のフローチャートである。

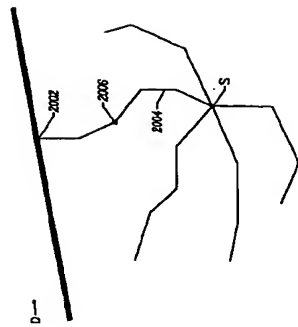
【図21】本発明の特定のアルゴリズムによる部分的ルートの生成を示す図である。

【図22】(a)および(b)は本発明の特定のアルゴリズムによる部分的ルートの生成の終了を示す他の図である。

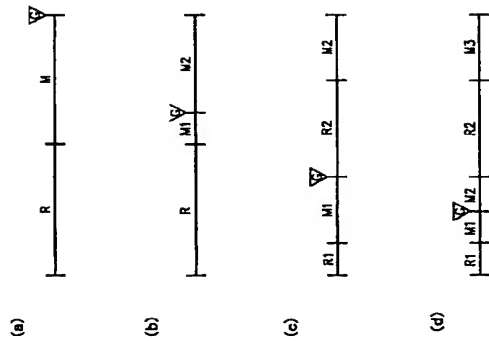
【図23】本発明の別の特定のアルゴリズムによる部分的ル

(19)

【図25】



【図26】



【図27】

